

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**PENGUNAAN KOMPOSIT ZnO-CuO HASIL SINTESIS**  
**DENGAN METODE ELEKTROKIMIA SEBAGAI KATALIS**  
**FOTODEGRADASI *METHYL ORANGE***



Disusun Oleh :

**DANANG BAYU PRANANDA (I8316013)**

**TUTUT AYU KINASIH (I8316056)**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**  
**SURAKARTA**  
**2019**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK KIMIA  
Jl. Ir. Suiami No. 36 A Surakarta Telp./ Fax (0271) 632112

## LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama / NIM : 1. Danang Bayu Prananda (I8316013)  
2. Tutut Ayu Kinasih (I8316056)

Judul Tugas Akhir : Penggunaan komposit ZnO-CuO Hasil Sintesis dengan  
Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi *Methyl  
Orange*

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Adrian Nur, S.T., M.T.

Surakarta, Juli 2019

Mengetahui,

Kepala Program Studi Diploma III  
Teknik Kimia

Dosen Pembimbing

22 Juli 2019

22/07/19



Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T.  
NIP. 19740509 200003 2 002

Dr. Ir. Adrian Nur, S.T., M.T.  
NIP. 19730108 200012 1 001

Dosen Penguji I









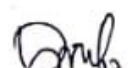

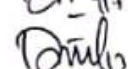

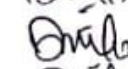



Dosen Penguji II

Dr. Ir. Margono, S.T., M.T.  
NIP. 19681107 199702 1 001

Dr. Dwi Ardiana S, S.T., M.T.  
NIP. 19730131 199802 2 001

# **LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR**

Nama : 1. Danang Bayu Prananda (18316013)  
 : 2. Tutut Ayu Kinasih (18316056)  
 1. Judul TA : Penggunaan Komposit ZnO-CuO Hasil Sintesis  
 dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis  
 Fotodegradasi *Methyl Orange*  
 Tanggal Mulai : 23 April 2019.  
 Pembimbing : Dr. Adrian Nur, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf		Ket.
			Mahasiswa	Dosen	
1.	23/4-19	Langkah - langkah penelitian			
2.	16/4-19	Data hasil proses elektrolisis			
3.	29/4-19	Langkah pengujian Spektrofotometer Uv-Vis			
4.	15/5-19	Data hasil pengujian Spektrofotometer Uv-Vis, Kurva kalibrasi			
5.	20/6-19	Data hasil analisis FTIR dan XRF			
6.	26/6-19	Laporan TA (Bab I-III)			
7.	28/6-19	Laporan TA (Total)			
8.	3/7-19	Laporan TA (Total)			

- Jumlah konsultasi dengan masing-masing pembimbing minimal sebanyak 8 kali untuk dapat dinyatakan selesai.

Dinyatakan selesai  
 Tanggal :  
 Dosen Pembimbing



Dr. Adrian Nur, S.T., M.T.  
 NIP. 19790924 200312 1 002

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah S.W.T atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Penggunaan Komposit ZnO-CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi *Methyl Orange*” dengan lancar tanpa ada halangan yang berarti.

Penyusunan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat kelulusan untuk Diploma III Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta untuk menyelesaikan penyusunan tersebut penulis mendapatkan berbagai bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan penulisan laporan ini, yaitu :

1. Bapak, Ibu, dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan semangat, motivasi dan doa kepada penyusun.
2. Bapak Dr. Adrian Nur, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Ibu Dr. Sperisa Distantina, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Diploma III Teknik Kimia.
4. Mbak Rusita selaku Laboran Laboratorium Proses Teknik Kimia yang telah membantu penyusun melakukan penelitian.
5. Seluruh Staf Pengajar Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
6. Seluruh Staf Laboran Laboratorium Teknik Kimia.
7. Rekan-rekan Diploma III Teknik Kimia angkatan 2016.
8. Seluruh pihak terkait yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir Diploma III ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat.

Surakarta, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Lembar Konsultasi .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Gambar .....	viii
Intisari .....	ix

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Manfaat Penelitian .....	2

### BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka .....	3
2.1.1. <i>Electrosynthesis</i> .....	3
2.1.2. Komposit .....	4
2.1.3. ZnO (Zink Oksida / Seng Oksida) .....	4
2.1.4. CuO ( <i>Copper</i> (ii) Oksida/ Tembaga (ii) Oksida).....	4
2.1.5. ZnO-CuO .....	5
2.1.6. Asam Asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) .....	6
2.1.7. <i>Methyl Orange</i> ( $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$ ) .....	7
2.1.8. Fotodegradasi .....	8
2.1.9. Analisa XRD (Difraksi Sinar-X).....	9
2.1.10. Analisa FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ) .....	10
2.1.11 Analisa XRF (X-ray Fluorescence) atau Spektroskopi XRF .....	11
2.2. Kerangka Pemikiran.....	12

### BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan.....	13
-------------------------	----

3.1.1. Bahan yang digunakan .....	13
3.1.2. Alat yang digunakan .....	13
3.2. Rangkaian Alat .....	14
3.3. Lokasi Penelitian .....	14
3.4. Cara Kerja .....	14
3.4.1. Penggunaan Komposit ZnO-CuO Kadar 0,15 M Asam Asetat ..	14
3.4.2. Penggunaan Komposit ZnO-CuO Kadar 0,3 M Asam Asetat ....	15
3.4.3. Penggunaan Komposit ZnO-CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi <i>Methyl Orange</i> .....	16
3.5. Pengujian Produk .....	16
3.6. Kerangka Pemikiran .....	17
3.6.1. Kerangka Pemikiran Pembuatan ZnO dan CuO dengan Kadar 0,15 M Asam Asetat .....	17
3.6.2. Kerangka Pemikiran Pembuatan ZnO dan CuO dengan Kadar 0,3 M Asam Asetat .....	18
3.6.3. Kerangka Pemikiran Penggunaan Komposit ZnO dan CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi <i>Methyl Orange</i> .....	19

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Proses Pembuatan Komposit ZnO-CuO .....	20
4.2. Analisa FTIR .....	21
4.3. Analisa XRD .....	22
4.4. Analisa XRF .....	23
4.5. Efektivitas Komposit ZnO-CuO sebagai Katalis Fotodegradasi <i>Methyl Orange</i> .....	25

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	28
5.2. Saran .....	28

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Tabel XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,15 M.....	23
Tabel IV.1 Tabel XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,3 M.....	24

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Gambar Sel Elektrolisis.....	3
Gambar II.2 Struktur Kristal CuO.....	5
Gambar II.3 Diagram <i>Band Gap</i> Energi ZnO-CuO.....	6
Gambar II.4 Struktur <i>Methyl Orange</i> .....	7
Gambar II.5 Prinsip Kerja Teknik FTIR.....	10
Gambar II.6 Prinsip Kerja Teknik XRF.....	11
Gambar II.7 Kerangka Pemikiran Percobaan Pembuatan Komposit.....	12
Gambar III.1 Rangkaian Alat Sintesis Komposit ZnO-CuO.....	14
Gambar III.2 Diagram Alir Pembuatan Komposit ZnO dan CuO dengan Kadar 0,15 M Asam Asetat. ....	17
Gambar III.3 Diagram Alir Pembuatan Komposit ZnO dan CuO dengan Kadar 0,3 M Asam Asetat. ....	18
Gambar III.4 Diagram Alir Penggunaan Komposit ZnO dan CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi <i>Methyl Orange</i> . ....	19
Gambar IV.1 Grafik FTIR ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,15 M.....	21
Gambar IV.2 Grafik FTIR ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,3 M.....	21
Gambar IV.3 Grafik Analisa XRD ZnO-CuO dari Asam Asetat 2 Jam .....	22
Gambar IV.4 Grafik XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,15 M .....	23
Gambar IV.5 Grafik XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,3 M .....	24
Gambar IV.6 Mekanisme Fotodegradasi .....	26
Gambar IV.7 Grafik Kurva Efektivitas Komposit 0,15 M dan 0,3 M Asam Asetat .....	26



## INTISARI

**Danang Bayu Prananda dan Tutut Ayu Kinasih, 2019. “Penggunaan Komposit ZnO-CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi *Methyl Orange* ”. Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.**

Semikonduktor oksida logam merupakan salah satu jenis nanokomposit. Komposit jenis ini banyak digunakan untuk sirkuit mikroelektronik, perangkat *piezoelektrik*, *fuel cell*, sensor, katalis, lapisan permukaan untuk mencegah korosi, dan sel surya. ZnO-CuO merupakan salah satu jenis komposit semikonduktor oksida logam. Perpaduan kedua logam ini dapat menghasilkan komposit yang dapat digunakan untuk katalis dan zat antibakteri.

Perkembangan industri di Indonesia dari tahun ke tahun semakin berkembang pesat menimbulkan dampak positif dan negatif. Dampak positif yang diperoleh yaitu semakin terbukanya lapangan pekerjaan dan dampak negatifnya yaitu adanya pencemaran lingkungan air oleh limbah zat warna. Metode fotodegradasi merupakan salah satu pengolahan limbah zat warna tekstil dimana dalam metode ini akan menguraikan zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan sinar (foton) dan dipercepat reaksinya dengan menggunakan katalis. Banyaknya kelemahan dari pengolahan limbah yang telah dilakukan, maka sebagai alternatif dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan semikonduktor fotokatalis dan sinar ultraviolet. Metode yang digunakan dalam sintesis komposit ZnO-CuO adalah metode elektrokimia menggunakan larutan elektrolit asam asetat. Pada penelitian ini digunakan asam asetat dengan konsentrasi 0,15 M dan konsentrasi 0,3 M. Kelebihan metode elektrokimia yaitu lebih sederhana dan lebih ekonomis. Asam asetat dipilih karena memiliki kelarutan yang tinggi di dalam air dan harganya relatif murah. Komposit yang dihasilkan dianalisa menggunakan analisa XRF, XRD dan FTIR. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui persentase fasa, struktur, dan gugus oksida logam dari partikel yang dihasilkan. Komposit yang telah dibuat digunakan sebagai katalis fotodegradasi *methyl orange* dengan variasi waktu yang berbeda dari 0 menit sampai 150 menit. Dilakukan pengukuran absorbansi larutan degradasi dan membuat kurva hasil efektivitas komposit ZnO-CuO.

Hasil analisa yang diperoleh dari komposit dengan konsentrasi 0,3 M asam asetat menghasilkan berat sampel sebesar 5,118 gram dengan lama waktu sintesis selama 2 jam menghasilkan partikel yang lebih optimal dibandingkan komposit dengan konsentrasi 0,15 M asam asetat sebesar 2,2 gram. Efektivitas yang dihasilkan dari komposit dengan konsentrasi 0,3 M asam asetat sebesar 21,69 %, sedangkan efektivitas yang dihasilkan dari komposit dengan konsentrasi 0,15 M sebesar 16,58%.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia dari tahun ke tahun semakin berkembang pesat, contohnya pada industri tekstil yang semakin lama semakin menjamur dikalangan masyarakat. Hal ini menimbulkan dampak positif sekaligus dampak negatif, dampak positif yang dapat kita peroleh yaitu semakin terbukanya lapangan pekerjaan dan dampak negatifnya yaitu adanya pencemaran lingkungan oleh limbah zat warna yang dapat mencemari lingkungan air.

Metode fotodegradasi merupakan salah satu pengolahan limbah zat warna tekstil dimana dalam metode ini akan menguraikan zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan sinar (foton) dan dipercepat reaksinya dengan menggunakan katalis (Abdullohi et al., 2011).

Bahan semi konduktor banyak digunakan pada proses fotodegradasi, salah satunya yaitu ZnO yang memiliki celah pita (*band gap*) sebesar 3,2–3,5 eV (*elektron volt*), *band gap* tersebut masih cukup tinggi maka dari itu diperlukan paduan material yang dapat menurunkan nilai *band gap*.

Paduan material ZnO dan CuO yang menghasilkan komposit semikonduktor oksida logam dapat digunakan sebagai katalis dan zat anti bakteri (Kasuma, 2012). Komposit ZnO-CuO yang dihasilkan melalui proses sintesis elektrokimia memiliki *band gap* yang lebih rendah sehingga berpengaruh pada sifat fotokatalitik ZnO yang semakin baik, *band gap* energi didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadi arus listrik (Tjatur, 2003).

Tujuan tugas akhir DIII ini adalah mengetahui efektivitas komposit ZnO-CuO yang digunakan sebagai katalis pada proses fotodegradasi *methyl orange* yang dilakukan dengan metode beda waktu penyinaran sinar UV terhadap larutan degradasi campuran komposit dan *methyl orange*. Berdasarkan hasil referensi tugas akhir 2018 bahwa, larutan asam asetat dapat

digunakan sebagai larutan elektrolit dalam pembuatan komposit ZnO-CuO menggunakan metode elektrokimia dengan proses sintesis menggunakan larutan elektrolit asam asetat yang berlangsung selama 2 jam.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Bagaimana efektivitas komposit ZnO-CuO yang digunakan sebagai katalis dalam fotodegradasi *methyl orange* ?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Menentukan efektivitas komposit ZnO-CuO sebagai katalis fotodegradasi *methyl orange*.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

- Mengetahui skala efektivitas komposit ZnO-CuO sebagai katalis fotodegradasi *methyl orange*.
- Sebagai bahan referensi dan informasi kepada penulis lainnya yang tertarik mengkaji dan meneliti mengenai penggunaan komposit ZnO-CuO sebagai katalis fotodegradasi *methyl orange*.

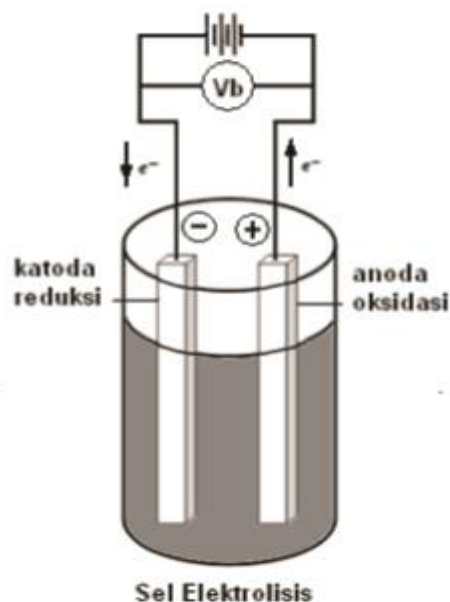
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1. *Electrosynthesis*

Elektrosintesis adalah sintesis senyawa organik dan anorganik dengan cara elektrolisis. Teknik ini dapat mengatasi beberapa kelemahan sintesis dengan cara biasa (Riyanto, 2012). Teknik elektrokimia merupakan teknik yang ramah lingkungan sehingga dikenali sebagai salah satu teknik teknologi hijau masa depan (Siu dan Yudin., 2002 dalam Viana, 2017). Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang menimbulkan terjadinya reaksi redoks yang tidak spontan dengan adanya energi listrik dari luar. Perlengkapan elektrosintesis adalah elektroda kerja, elektroda pelengkap, elektroda rujukan, dan larutan elektrolit (Viana, 2017). Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi (Riyanto, 2012). Mekanisme sel elektrolisis dapat dilihat dalam gambar II.1.



Gambar II.1 Gambar Sel Elektrolisis (Riyanto, 2012)

### 2.1.2. Komposit

Komposit adalah suatu sistem material yang tersusun atas campuran atau kombinasi dari dua atau lebih unsur pokok mikro atau makro yang berbeda dalam bentuk dan komposisi kimia serta pada dasarnya tidak saling larut satu sama lain (Irawan, 2012). Pada umumnya komposit dibagi menjadi 3 yaitu, komposit matrik polimer, komposit matrik logam, dan komposit matrik keramik (Ellyawan, 2008). Komposit terdiri dari matrik sebagai pengikat dan filler sebagai pengisi komposit. Keunggulan komposit adalah dapat memberikan sifat-sifat mekanik terbaik yang dimiliki oleh komponen penyusunnya, bobotnya yang ringan, kemudian tahan korosi, ekonomis dan tidak sensitif terhadap bahan-bahan kimia (Widiarta, dkk., 2017).

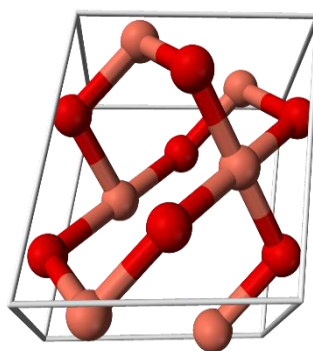
### 2.1.3. ZnO (Zink Oksida / Seng Oksida)

ZnO merupakan oksida logam transisi dengan *band gap* energi (3.2–3.5 eV) sehingga dapat melakukan penyerapan maksimum pada panjang gelombang ( $\lambda=385$  nm) dengan energi pengeksitasi tinggi 60 meV. ZnO merupakan salah satu semikonduktor yang sangat penting karena penggunaannya yang luas sebagai katalis dalam reaksi fotokimia, sintesis metanol, produksi gas hidrogen, dan sensor gas. Reaksi fotokimia dengan menggunakan ZnO sebagai katalis banyak berkembang karena ZnO mempunyai beberapa keunggulan seperti stabil terhadap cahaya (tidak terdegradasi saat melakukan penyerapan sinar), tidak beracun, ramah lingkungan, fotosensitif, biayanya murah, dan mempunyai kemampuan dalam mendekomposisi senyawa organik dan bakteri berbahaya yang sering mengkontaminasi lingkungan (Kasuma, 2012).

### 2.1.4. CuO (Copper (ii) Oksida/ Tembaga (ii) Oksida)

Oksida logam tembaga (CuO) merupakan salah satu senyawa tembaga oksida yang merupakan bahan semikonduktor tipe-p dengan *band gap* 1,2 eV (Johan., 2011 dalam Widiarti, dkk., 2017). CuO dapat diaplikasikan sebagai antioksidan, antibakteri, baterai, sel surya, sensor cahaya dan sensor

gas. CuO murni memiliki koefisien absorpsi yang tinggi sehingga sebagian besar cahaya dapat diabsorpsi oleh CuO dalam bentuk lapisan tipis. CuO memiliki parameter kisi  $a = 4.68 \text{ \AA}$ ,  $b = 3.42 \text{ \AA}$ ,  $c = 5.13 \text{ \AA}$ , serta memiliki massa jenis  $6.315 \text{ g/cm}^3$ . Sebagai material semikonduktor CuO memiliki keuntungan selain biaya pembuatan yang rendah juga ketersediaannya yang melimpah (Habibi, dkk., 2014). CuO mempunyai sistem kristal *monoclinic* yang diperlihatkan pada gambar II.2

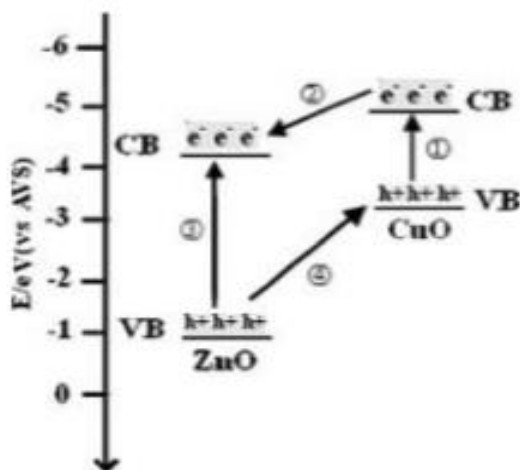


Gambar II.2 Struktur Kristal CuO (Wikipedia)

#### 2.1.5. ZnO-CuO

Usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi fotokatalitik ZnO dengan memfungsionalisasikan permukaan ZnO dengan semikonduktor lain yang mempunyai *band gap* yang sempit (Li., 2010; Sathishkumar., 2011; Vijayakumar., 2010 dalam Kasuma, 2012). CuO merupakan Oksida logam yang digunakan untuk memodifikasi permukaan ZnO karena sifatnya yang stabil di atmosfer, stabil terhadap cahaya, biayanya murah, dan dapat menyebabkan terjadinya pergeseran absorpsi ZnO ke arah sinar tampak (Shouqiang., 2010; Vijayakumar., 2010 dalam Kasuma, 2012). Mekanisme transfer ( $e^-$ ) dan ( $h^+$ ) yang terjadi antara ZnO dan CuO menurut Shouqiang (2010), ditunjukkan pada gambar II.3. ZnO-CuO banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sintesis metanol, sensor gas, dekontaminasi polutan organik, dan produksi hidrogen

(Vijayakumar., 2010; Sathishkumar., 2011; Shouqiang., 2010 dalam Kasuma, 2012).



Gambar II.3 Diagram Band Gap Energi ZnO-CuO (Shouqiang, dkk., 2010)

#### 2.1.6. Asam Asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

Nama asam asetat berasal dari kata Latin yaitu asetum, “vinegar”. Asam asetat, asam etanoat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang merupakan asam karboksilat yang paling penting di perdagangan, industri, dan laboratorium dan dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus  $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , atau  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ . Bentuk murni dari asam asetat ialah asam asetat glasial. Asam asetat glasial mempunyai ciri-ciri tidak berwarna, mudah terbakar (titik beku  $17^\circ\text{C}$  dan titik didih  $118^\circ\text{C}$ ) dengan bau pedas menggigit, dapat bercampur dengan air dan banyak pelarut organik. Dalam bentuk cair atau uap, asam asetat glasial sangat korosif terhadap kulit dan jaringan lain (Fessenden dan Fessenden, 1997: 400,403). Berikut merupakan sifat-sifat fisik dari asam asetat :

- |           |                  |
|-----------|------------------|
| a. Bentuk | : Cair           |
| b. Warna  | : Tidak berwarna |
| c. Bau    | : Pedih          |

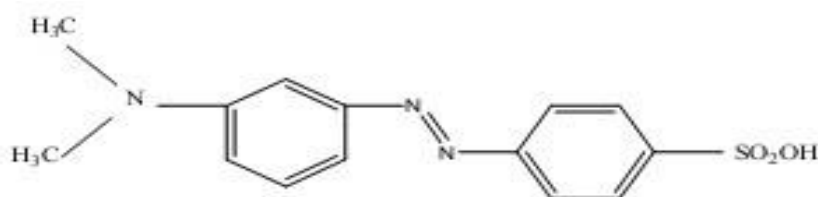
- d. Ambang bau : 0,2 - 100,1 ppm
- e. pH : 2,5 pada 50 g/l 20°C
- f. Titik lebur : 17°C
- g. Titik didih/rentang didih : 116 - 118 °C pada 1.013 hPa
- h. Titik nyala : 39°C
- i. Tekanan uap : 15,4 hPa pada 20°C
- j. Densitas : 1,05 g/cm<sup>3</sup> pada 20°C
- k. Viskositas, dinamis : 1,22 mPa.s pada 20°C
- l. Kelarutan dalam air : 602,9 g/l pada 25°C
- m. Viskositas, kinematis : 1,17 mm<sup>2</sup>/s pada 20°C
- n. Korosi : Dapat korosif terhadap logam

(Sumber : merckmilipore.com)

#### 2.1.7. *Methyl Orange* (C<sub>14</sub>H<sub>14</sub>N<sub>3</sub>NaO<sub>3</sub>S)

Metil orange merupakan zat warna yang diklasifikasikan pada golongan senyawa azo, Senyawa azo digunakan sebagai zat warna celup di industri tekstil sehingga dinamakan *azo dyes* zat warna ini paling banyak terdapat dalam limbah tekstil, yaitu sekitar 60 %–70 %. Struktur umum senyawa azo R— N= N— R', dengan R dan R' adalah rantai organik yang sama atau berbeda.

Senyawa azo dapat berupa senyawa aromatik atau alifatik. Metil orange merupakan senyawa azo yang mempunyai cincin aromatik yang bersifat stabil dan mempunyai warna menyala. Metil orange sering digunakan sebagai indikator asam karena dapat berfungsi sebagai asam lemah yang berbeda warna antara asam dan garamnya Metil orange sering mengkontaminasi air dan sulit terdegradasi.



Gambar II.4 Struktur metil orange



Metil orange diserap melalui sistem pencernaan dan akan mengalami metabolisme di usus dan dibawa langsung ke hati sedangkan sebagian lagi akan masuk ke jalur empedu. Metil orange larut dalam air sehingga secara kuantitatif akan diekresikan melalui cairan empedu. Metil orange mengalami metabolisme di hati oleh azo reduktase membentuk amina primer dan metabolit lainnya yang dapat dihidrolisis dan diikat oleh protein hati sehingga metil orange dapat menyebabkan terjadinya kanker hati.

#### 2.1.8. Fotodegradasi

Penelitian Fatimah, et al (2006) tentang  $\text{TiO}_2$  yang terdispersi pada zeolit alam dan aplikasinya untuk fotodegradasi *congo red*, menyatakan bahwa metode fotodegradasi merupakan metode relatif murah dan mudah diterapkan. Metode fotodegradasi ini dapat menguraikan zat warna menjadi komponen-komponen lebih sederhana yang lebih aman bagi lingkungan.

Berdasarkan penelitian Damayanti, et al (2005) tentang fotodegradasi *methyl orange* menggunakan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -montmorillonit dan sinar UV, penggunaan semikonduktor fotokatalis memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat melakukan mineralisasi total terhadap polutan organik, biayanya murah, prosesnya relatif cepat, tidak beracun, dan punya kemampuan penggunaan jangka panjang. Banyaknya kelemahan dari pengolahan limbah yang telah dilakukan, maka sebagai alternatif dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan semikonduktor fotokatalis dan sinar ultraviolet.

Menurut Lu., 2011, mekanisme reaksi fotokatalitik melalui beberapa tahap yaitu : absorpsi sinar oleh semikonduktor sehingga menyebabkan pembentukan dan pemisahan ( $e^-$ ) dan ( $h^+$ ), absorpsi reaktan, reaksi redoks, dan desorpsi polutan.

$\text{ZnO-CuO}$  yang disuspensikan dalam air apabila diiradiasi dengan sinar UV akan membentuk *Reactive Oxygen Spesies* (ROS) atau molekul oksigen reaktif yang akan mendegradasi zat warna metil orange menjadi intermediet yang lebih sederhana yang kurang atau tidak beracun.

Mineralisasi sempurna metil orange akan menghasilkan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{OH}^\bullet$  yang terbentuk merupakan oksidator utama yang sangat kuat, nonselektif, dan destruktif (Li., 2009).

#### 2.1.9. Analisa XRD (Difraksi Sinar-X)

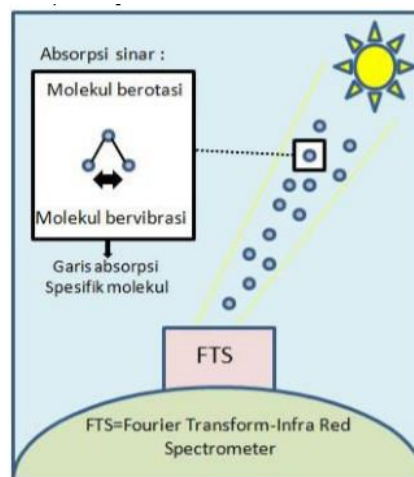
Difraksi sinar-x merupakan metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar-x dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal. Analisa XRD merupakan contoh analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa dengan mengamati pola pembiasan cahaya sebagai akibat dari berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristalnya. Analisa XRD dapat digunakan untuk menentukan struktur kristal, analisis reaksi kimia dan sintesis material, serta analisis kemurnian suatu spesi (Setiabudi, dkk., 2012).

Secara sederhana, prinsip kerja dari XRD dapat dijelaskan sebagai berikut. Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama seandainya cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya *fingerprint* (sidik jari) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda. Komponen-komponen utama yang terdapat pada XRD, diantaranya adalah tabung elektron, monokromator, *filter*, sampel *holder*, *detector*, dan software analisa (Setiabudi, dkk., 2012).

#### 2.1.10. Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990 dalam Gunawan dan Azhari, 2010). Analisa FTIR digunakan untuk mendeteksi sinyal lemah, menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah, dan analisis getaran (Silverstain, 1967 dalam Gunawan dan Azhari, 2010).

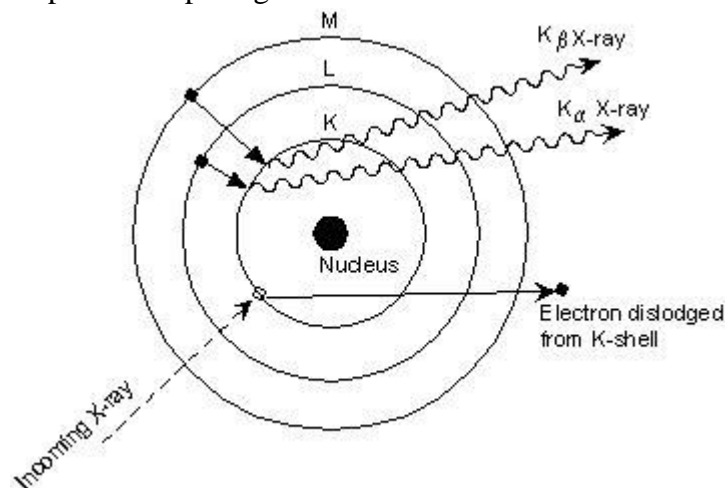
Analisis FTIR mirip seperti jika kita mengukur intensitas cahaya matahari atau bulan sebagai fungsi bilangan gelombang. Bilangan gelombang merupakan kebalikan dari panjang gelombang atau warna. Molekul-molekul menyerap cahaya matahari. Perbedaan antara spektrum cahaya matahari yang terlihat dari bumi dengan spektrum sebelum mengenai atmosfer bumi akan menunjukkan kelimpahan gas tertentu dalam atmosfer (Setiabudi, dkk., 2012). Gambaran prinsip kerja FTIR dapat dilihat pada gambar II.4.



Gambar II.5 Prinsip Kerja Teknik FTIR (Setiabudi, dkk., 2012)

### 2.1.11. Analisa XRF (X-ray Fluorescence) atau Spektroskopi XRF

X-ray *Fluorescence* (XRF) *Spectrometry* atau Spektroskopi XRF adalah teknik analisis unsur yang membentuk suatu material dengan dasar interaksi sinar-X dengan material analit. Teknik ini banyak digunakan dalam analisa batuan karena membutuhkan jumlah *sample* yang relatif kecil (sekitar 1 gram). Teknik ini dapat digunakan untuk mengukur unsur-unsur yang terutama banyak terdapat dalam batuan atau mineral. Sampel yang digunakan biasanya berupa serbuk hasil penggilingan atau pengepressan menjadi bentuk film. Apabila elektron dari suatu kulit atom bagian dalam dilepaskan, maka elektron yang terdapat pada bagian kulit luar akan berpindah pada kulit yang ditinggalkan tadi menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang yang karakteristik bagi unsur tersebut. Gambar dapat dilihat pada gambar II.5.

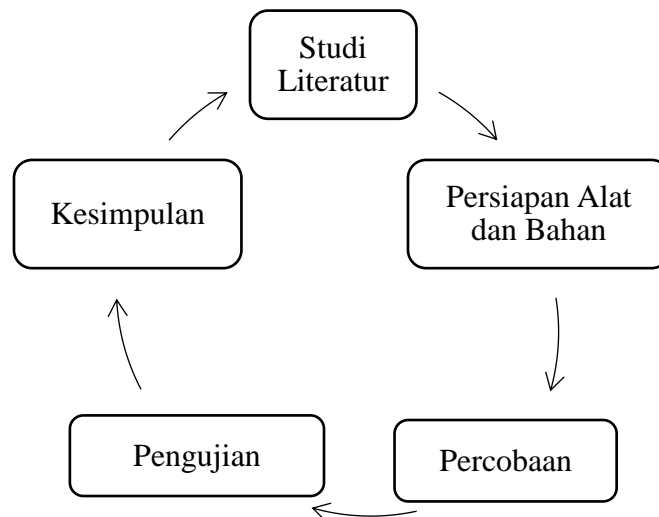


Gambar II.6 Prinsip Kerja Teknik XRF (Jamaluddin, dkk., 2016)

Pada teknik difraksi sinar-X suatu berkas elektron digunakan, sinar-X dihasilkan dari tembakan berkas elektron terhadap suatu unsur di anoda untuk menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang yang diketahui. Peristiwa ini terjadi pada tabung sinar-X. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar-X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi (Jamaluddin, 2016 dalam Fatimah, 2018).

*X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sample cair. XRF mampu mengukur elemen dari berilium (Be) hingga uranium pada level *trace element*, bahkan di bawah level ppm. Secara umum, XRF spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi flourosensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X (PANalytical, 2009).

## 2.2.KERANGKA PEMIKIRAN



Gambar II.7 Kerangka Pemikiran Percobaan Penggunaan Komposit ZnO-CuO

## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Alat dan Bahan

##### 3.1.1 Bahan yang digunakan :

- |                |                         |
|----------------|-------------------------|
| a. Asam asetat | d. Lempeng Cu           |
| b. NaOH        | e. Aquades              |
| c. Lempeng Zn  | f. <i>Methyl Orange</i> |

##### 3.1.2. Alat yang digunakan :

Alat untuk pembuatan komposit :

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| a. Kompor stirer   | i. Pipet tetes   |
| b. Kabel-kabel     | j. Kertas saring |
| c. Catu daya       | k. pH stick      |
| d. Kardus          | l. Gelas beker   |
| e. Statif          | m. Erlenmeyer    |
| f. Termometer      | n. Labu ukur     |
| g. Cawan Keramik   | o. Kurs Porselen |
| h. Pengaduk stirer |                  |

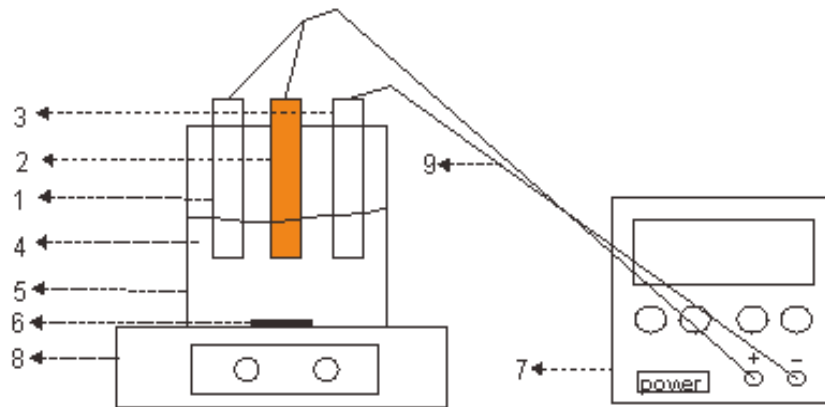
Alat untuk penggunaan komposit terhadap fotodegradasi *methyl orange* :

- |                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| a. Tabung reaksi            | d. Rangkaian alat spektrofotometer |
| b. Erlenmeyer               | Uv-Vis                             |
| c. <i>Shaking</i> inkubator |                                    |

Alat untuk pengujian komposit :

- a. XRF
- b. FTIR

### 3.2 Rangkaian Alat



Keterangan :

- |       |                           |       |                |
|-------|---------------------------|-------|----------------|
| 1 & 3 | = Lempeng Zn              | 7     | = Catu Daya    |
| 2     | = Lempeng Cu              | 8     | = Gelas Beaker |
| 4     | = Larutan Elektrolit      | 9     | = Kabel        |
| 5     | = Magnet                  | 1 & 2 | = Anoda        |
| 6     | = <i>Magnetic Stirrer</i> | 3     | = Katoda       |

Gambar III.1 Rangkaian Alat Sintesis Komposit ZnO-CuO

### 3.3 Lokasi Penelitian

Sintesis dilakukan di Laboratorium Tugas Akhir Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta dan UPT Laboratorium Terpadu MIPA, Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta.

### 3.4.Cara Kerja

#### 3.4.1. Penggunaan Komposit ZnO dan CuO dengan Kadar 0,15 M Asam Asetat

1. Membuat asam asetat 0,15 M dengan cara mencampurkan 2,136 mL asam asetat ke dalam 250 mL aquades
2. Membuat NaOH 1 M dengan cara mencampurkan 4 gram NaOH ke dalam 100 mL aquades
3. Menambahkan NaOH 1 M ke dalam larutan asam asetat 0,15 M hingga pH menjadi 8

4. Memasukkan plat Cu dan Zn ke dalam larutan elektrolit (larutan asam asetat pH 8)
5. Menghubungkan catu daya dengan plat Cu dan Zn menggunakan kabel, dengan Zn sebagai katoda dan Cu bersama Zn sebagai Anoda
6. Menghidupkan catu daya
7. Mengatur arus sebesar  $\pm 17$  volt dan pengadukan sebesar 300 rpm
8. Proses sintesis berlangsung selama 2 jam
9. Menyaring endapan yang didapat
10. Masukkan endapan kedalam oven bersuhu 80 °C selama 24 jam.
11. Melakukan Kalsinasi pada suhu 300 °C selama 5 jam
12. Melakukan Uji XRF dan FTIR di Lab MIPA agar mengetahui kadar kandungan yang ada dalam komposit ZnO-CuO.

#### 3.4.2. Pembuatan Komposit ZnO dan CuO Kadar 0,3 M Asam Asetat

1. Membuat asam asetat 0,3 M dengan cara mencampurkan 4,272 mL asam asetat ke dalam 250 mL aquades
2. Membuat NaOH 1 M dengan cara mencampurkan 8 gram NaOH ke dalam 100 mL aquades
3. Menambahkan NaOH 1 M ke dalam larutan asam asetat 0,3 M hingga pH menjadi 6
4. Memasukkan plat Cu dan Zn ke dalam larutan elektrolit (larutan asam asetat pH 6)
5. Menghubungkan catu daya dengan plat Cu dan Zn menggunakan kabel, dengan Zn sebagai katoda dan Cu bersama Zn sebagai Anoda
6. Menghidupkan catu daya
7. Mengatur arus sebesar  $\pm 17$  volt dan pengadukan sebesar 300 rpm
8. Proses sintesis berlangsung selama 2 jam
9. Menyaring endapan yang didapat
10. Masukkan endapan kedalam oven bersuhu 80 °C selama 24 jam.
11. Melakukan kalsinasi pada suhu 300 °C selama 5 jam



12. Melakukan Uji XRF dan FTIR di Lab MIPA agar mengetahui kadar kandungan yang ada dalam komposit ZnO-CuO.

#### 3.4.3. Penggunaan Komposit ZnO-CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi *Methyl Orange*

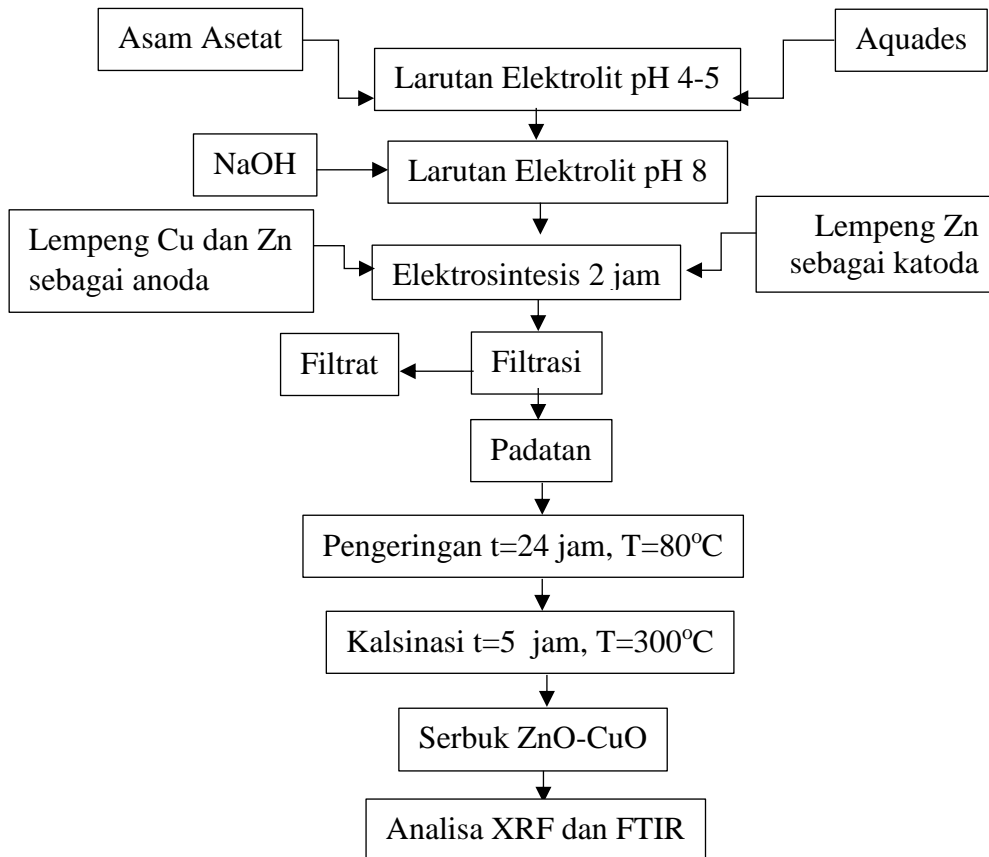
1. Membuat larutan *methyl orange* dengan cara mencampurkan 0,008 gram *methyl orange* dilarutkan ke dalam 1000 mL aquades kemudian larutan disimpan dalam botol tertutup
2. Mencampurkan 25 mL larutan metil orange ditambahkan dengan 0,065 gram komposit ZnO-CuO
3. Melakukan *shaking* dengan variasi waktu 0, 30, 60, 90, 120, 150 menit dengan kecepatan 60 rpm
4. Melakukan pengukuran absorbansi *methyl orange* yang telah dicampur komposit dan *methyl orange* yang tanpa dicampur komposit dengan alat spektrofotometri Uv-Vis
5. Membuat kurva hasil efektivitas komposit ZnO-CuO dalam proses fotodegradasi *methyl orange*

### 3.5 Pengujian Produk

Serbuk komposit ZnO-CuO yang dihasilkan diuji struktur material dan komposisinya menggunakan analisa XRF dan FTIR di Laboratorium Terpadu Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.

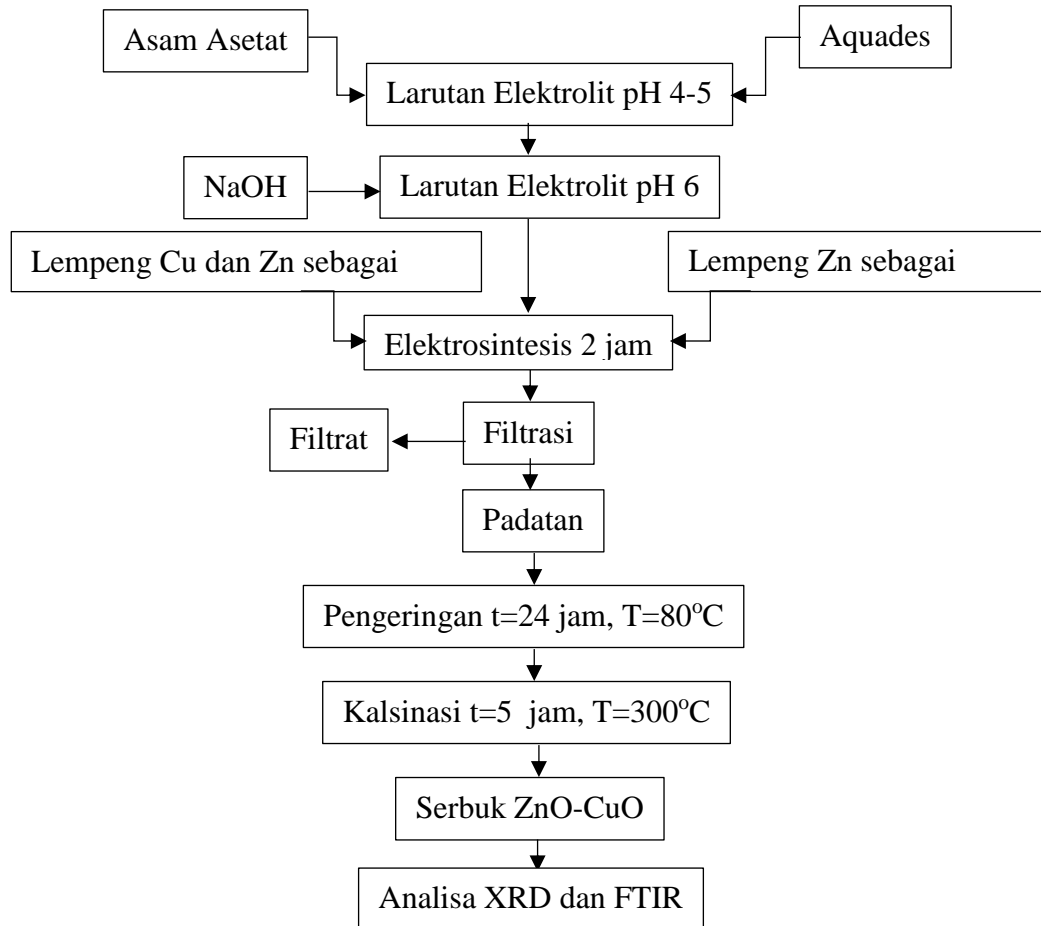
### 3.6.Kerangka Pemikiran

#### 3.6.1. Kerangka Pemikiran Pembuatan ZnO dan CuO dengan Kadar 0,15 M Asam Asetat



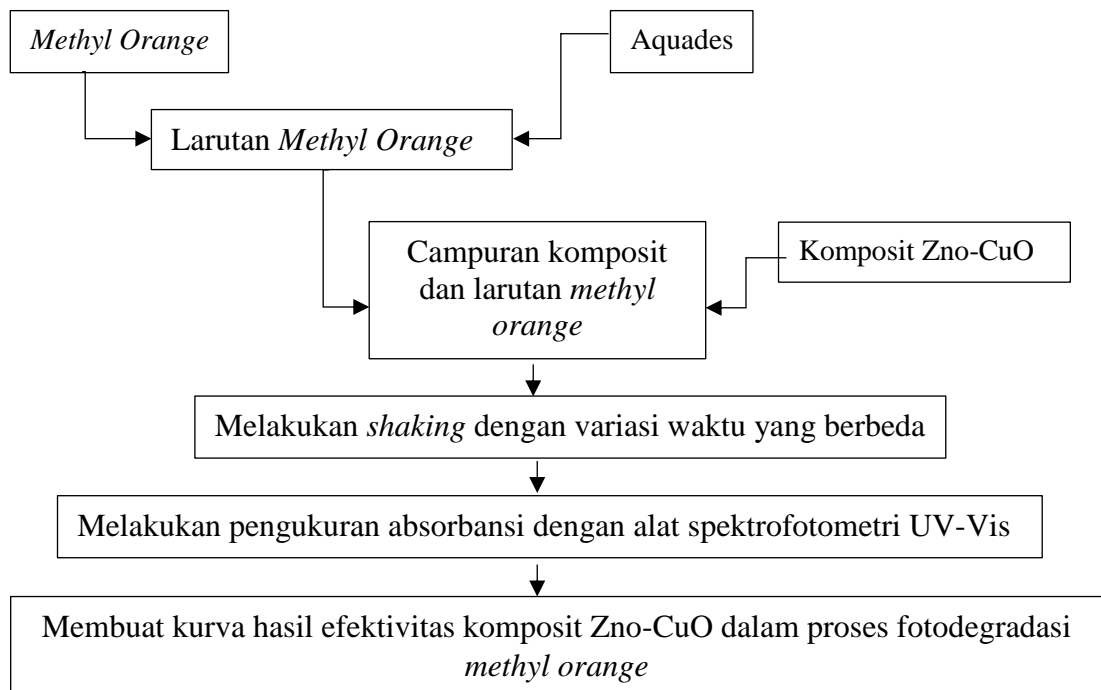
Gambar III.2 Diagram Alir Pembuatan Komposit ZnO dan CuO dengan Kadar 0,15 M Asam Asetat

3.6.2. Kerangka Pemikiran Pembuatan ZnO dan CuO dengan Kadar 0,3 M Asam Asetat



Gambar III.3 Diagram Alir Pembuatan komposit ZnO dan CuO dengan Kadar 0,3 M Asam Asetat

3.6.3. Kerangka Pemikiran Penggunaan Komposit ZnO dan CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi *Methyl Orange*.



Gambar III.4 Diagram Alir Penggunaan Komposit ZnO dan CuO Hasil Sintesis dengan Metode Elektrokimia sebagai Katalis Fotodegradasi *Methyl Orange*

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Proses Pembuatan Komposit ZnO-CuO

Proses pembuatan komposit ZnO-CuO dengan metode elektrokimia menggunakan larutan elektrolit asam asetat telah berhasil dilakukan. Proses sintesis diawali dengan pembuatan larutan elektrolit asam asetat. Selanjutnya pH larutan elektrolit dinaikkan menjadi 7, dengan penambahan larutan NaOH. Setelah tercapai pH 7, langkah selanjutnya adalah memasukkan lempeng Zn dan lempeng Cu ke dalam larutan. Kedua lempeng ini berfungsi sebagai anoda. Sebagai katoda digunakan lempeng Zn yang lain. Langkah selanjutnya adalah menghubungkan kabel ke *power supply*. Setelah tersambung, atur arus sebesar 17 volt dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm. Proses sintesis berlangsung selama 2 jam. Endapan yang didapat kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu 80 °C selama 24 jam untuk mengurangi kadar air. Langkah terakhir, endapan dikalsinasi pada suhu 300 °C selama 5 jam.

ZnO-CuO yang disintesis menggunakan metode elektrokimia mengikuti reaksi berikut :

di anoda :



di katoda :



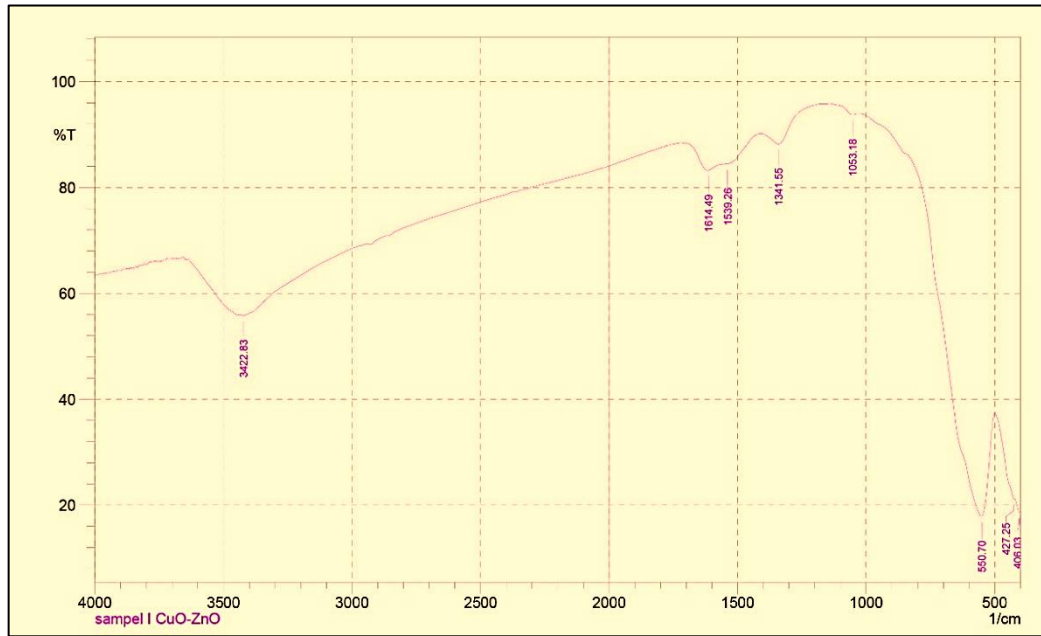
Diagram spesiasi dari Zn dan Cu (Takeno, 2005) memberikan gambaran bahwa pada pH 7, Zn berubah menjadi  $\text{Zn}^{2+}$  dan ion  $\text{Zn}(\text{OH})^+$ , sementara Cu berubah menjadi  $\text{Cu}^{2+}$  dan ion  $\text{Cu}(\text{OH})^+$ . ZnO-CuO terbentuk karena reaksi oksidasi berikut ini :



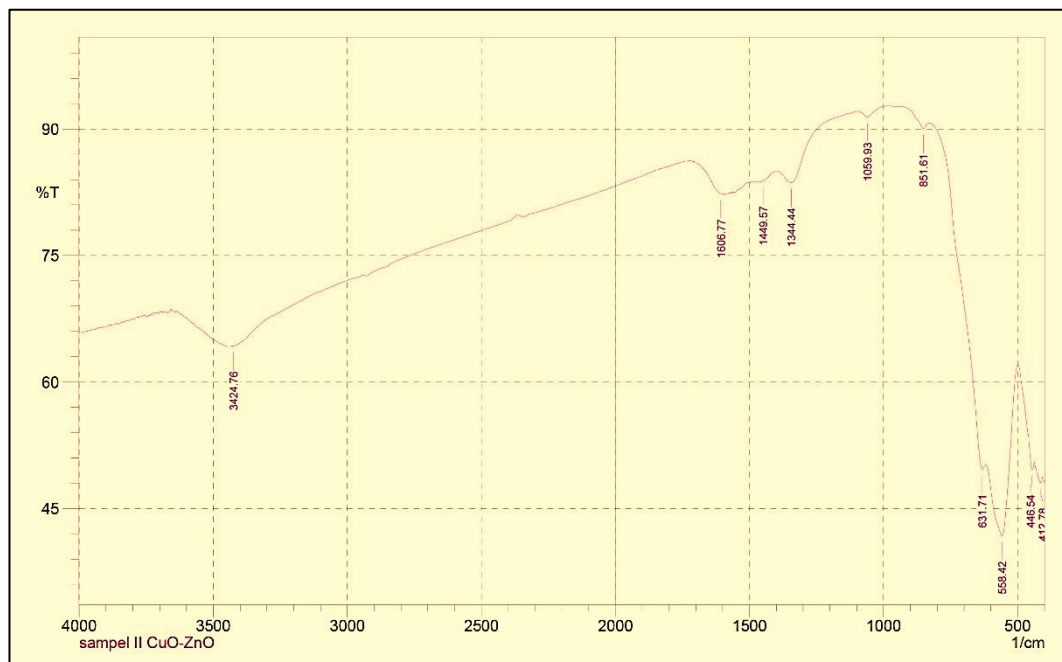
(Das dan Vimal, 2017)

## 4.2 Analisa FTIR

Analisa FTIR digunakan untuk menganalisa gugus ZnO-CuO yang terbentuk. Gambar grafik hasil uji FTIR disajikan pada gambar IV.1-IV.2.



Gambar IV.1 Grafik FTIR ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,15 M

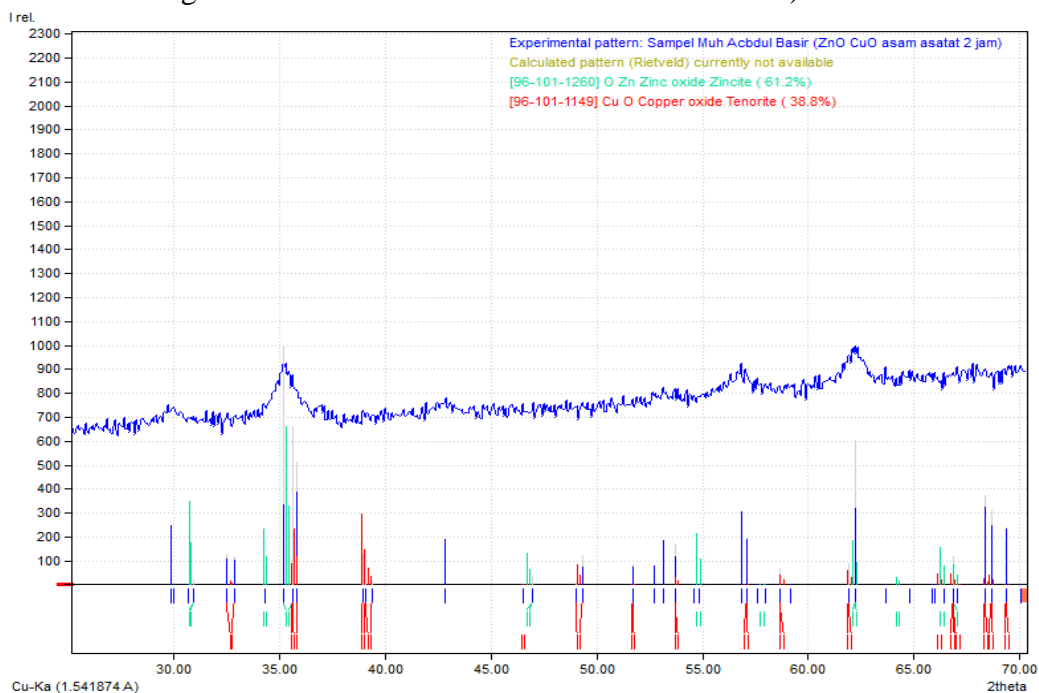


Gambar IV.2 Grafik FTIR ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,3 M

Terbentuknya gugus ZnO-CuO pada partikel yang dihasilkan terlihat pada gambar IV.1 dan IV.2. Menurut Johan (2011), ikatan Cu-O terletak pada rentang bilangan gelombang 700-400  $\text{cm}^{-1}$ . Pada gambar IV.1 yang mempunyai kadar 0,15 M asam asetat terdapat puncak pada 550,70  $\text{cm}^{-1}$  dan pada gambar IV.2 yang mempunyai kadar 0,3 M asam asetat terdapat puncak pada 558,42  $\text{cm}^{-1}$  yang menandakan terbentuknya ikatan CuO pada kedua sampel ini. Pada gambar IV.1 dan IV.2 juga terbentuk ikatan ZnO ditandai dengan terbentuknya puncak pada 406,03  $\text{cm}^{-1}$  dalam gambar IV.1 dan dalam gambar IV.2 pada frekuensi 446,54  $\text{cm}^{-1}$  dan 412,78  $\text{cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan tingkat efektivitas lebih tinggi pada konsentrasi asam asetat yang mempunyai kadar 0,3 M asam asetat dibandingkan asam asetat yang mempunyai kadar 0,15 M asam asetat.

#### 4.3. Analisa XRD

Analisa XRD digunakan untuk menentukan ukuran komposit, banyaknya fasa yang terbentuk, dan bentuk struktur. Analisa XRD dilakukan pada 2 $\theta$  rentang 25-75°, menggunakan radiasi Cu-K $\alpha$  dengan panjang gelombang 0,154 nm. Grafik hasil analisa XRD ditunjukkan pada gambar IV.3 (Berdasarkan referensi Tugas Akhir D-III Teknik Kimia UNS tahun 2018).



Gambar IV.3 Grafik Analisa XRD ZnO-CuO Asam Asetat 2 Jam

Dari gambar di atas dapat diketahui komposisi tiap sampel, dan titik puncak tertinggi menggunakan *software* Match! 3. Hasil Analisa menunjukkan bahwa, komposisi fasa ZnO sebesar 61,2% dan CuO sebesar 38,8% dengan puncak tertinggi 35,22 °2θ.

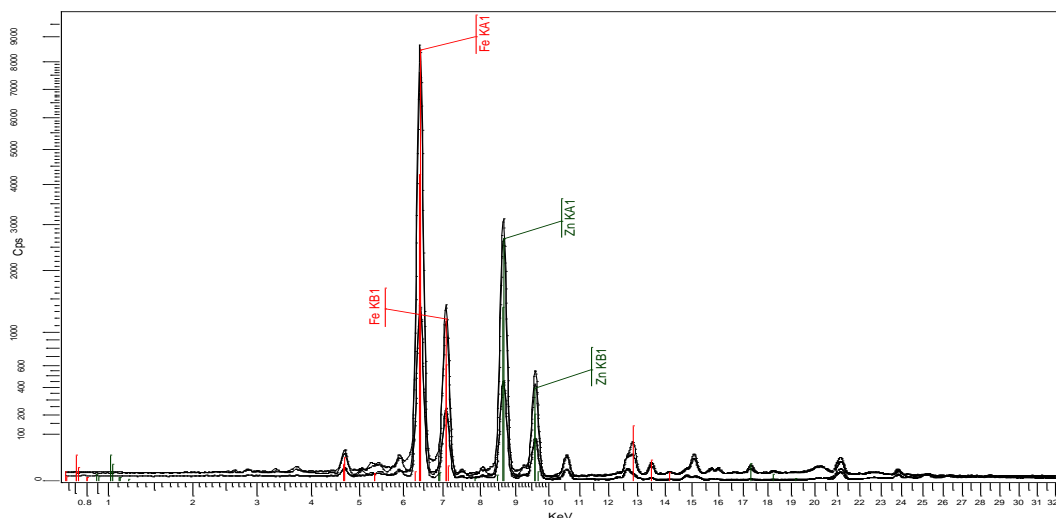
Data titik puncak tertinggi yang didapat, digunakan untuk mengetahui ukuran komposit yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan Scherrer. Hasil perhitungan ukuran komposit menunjukkan bahwa puncak tertinggi 35,22 °2θ dengan ukuran komposit 24,39 nm.

Berdasarkan hasil analisa XRD ZnO yang dihasilkan dari sampel asam asetat memiliki struktur *hexagonal* yang sesuai dengan *database* COD (*Crystallography Open Database*) no. 96-101-1260 untuk sampel 2 jam. CuO yang didapat dari sampel asam asetat memiliki struktur *monoclinic* yang sesuai dengan *database* COD no. 96-101-1149 untuk sampel 2 jam.

#### 4.4. Analisa XRF

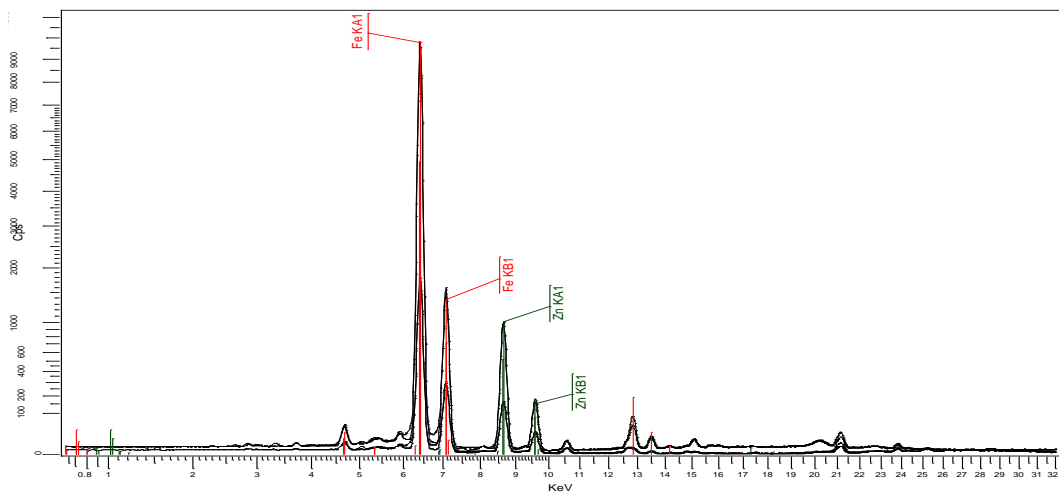
Analisa XRF digunakan untuk menganalisa komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sampel dengan menggunakan metode Spektrometri. Gambar grafik hasil uji XRF disajikan pada gambar IV.4-IV.5.

##### 1. Analisis Kualitatif



Gambar IV.4 Grafik XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,15 M





Gambar IV.5 Grafik XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,3 M

## 2. Analisis Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26	70.91%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
ZnO	30	25.54%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	0.79%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Cl	17	0.46%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
SO <sub>3</sub>	16	0.38%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
K <sub>2</sub> O	19	0.36%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60	0.35%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
PbO	82	0.33%	Fit spectrum	Pb LA1/EQ20
MnO	25	0.24%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	59	0.17%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
CaO	20	0.12%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24	0.10%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
CuO	29	0.09%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
NiO	28	0.06%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31	0.06%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
SnO <sub>2</sub>	50	0.04%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51	0.02%	Fit spectrum	Sb KA1/EQ40

Tabel IV.1 Tabel XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,15 M

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26	87.62%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
ZnO	30	9.94%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	0.57%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
SO <sub>3</sub>	16	0.36%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
K <sub>2</sub> O	19	0.36%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Cl	17	0.35%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
CaO	20	0.19%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
MnO	25	0.13%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60	0.12%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
PbO	82	0.11%	Fit spectrum	Pb LA1/EQ20
Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	59	0.08%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24	0.05%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
SnO <sub>2</sub>	50	0.02%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40
CuO	29	0.02%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31	0.02%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
CeO <sub>2</sub>	58	0.02%	Fit spectrum	Ce KA1/EQ50
I	53	0.01%	Fit spectrum	I KA1/EQ40
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	0.01%	Fit spectrum	V KA1/EQ20

Tabel IV.2 Tabel XRF ZnO-CuO dari Asam Asetat 0,3 M

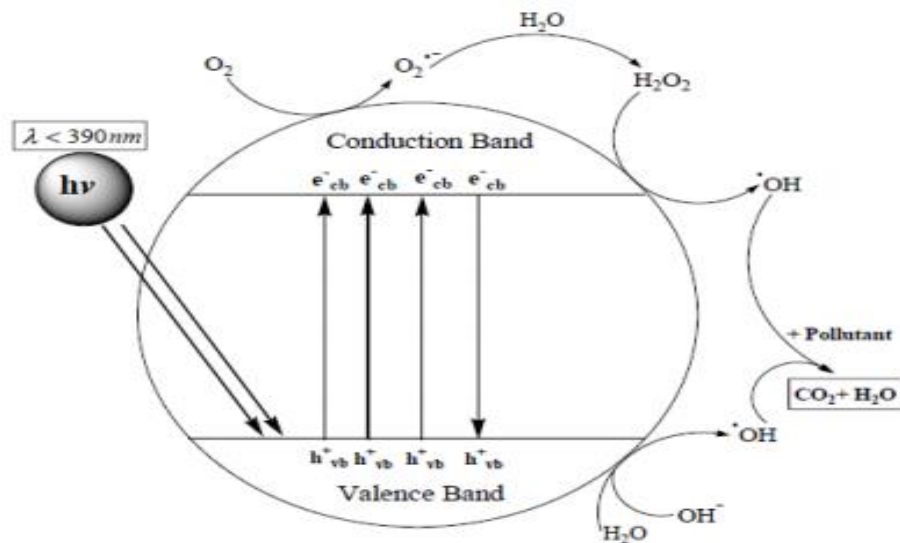
Berdasarkan hasil Analisa XRF yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada sampel larutan sintesis 0,15 M asam asetat mengandung konsentrasi ZnO sebesar 25,54% dan CuO sebesar 0,09% dan pada sampel larutan sintesis 0,3 M asam asetat mengandung konsentrasi ZnO sebesar 9,94% dan CuO sebesar 0,02%.

#### **4.5 Efektivitas Komposit ZnO-CuO sebagai Katalis Fotodegradasi *Methyl Orange***

Mekanisme reaksi fotokatalitik melalui beberapa tahap yaitu: absorpsi sinar oleh semikonduktor sehingga menyebabkan pembentukan dan pemisahan (e<sup>-</sup>) dan (h<sup>+</sup>), absorpsi reaktan, reaksi redoks, dan desorpsi polutan (Lu., 2011 dalam Kasuma, 2012).

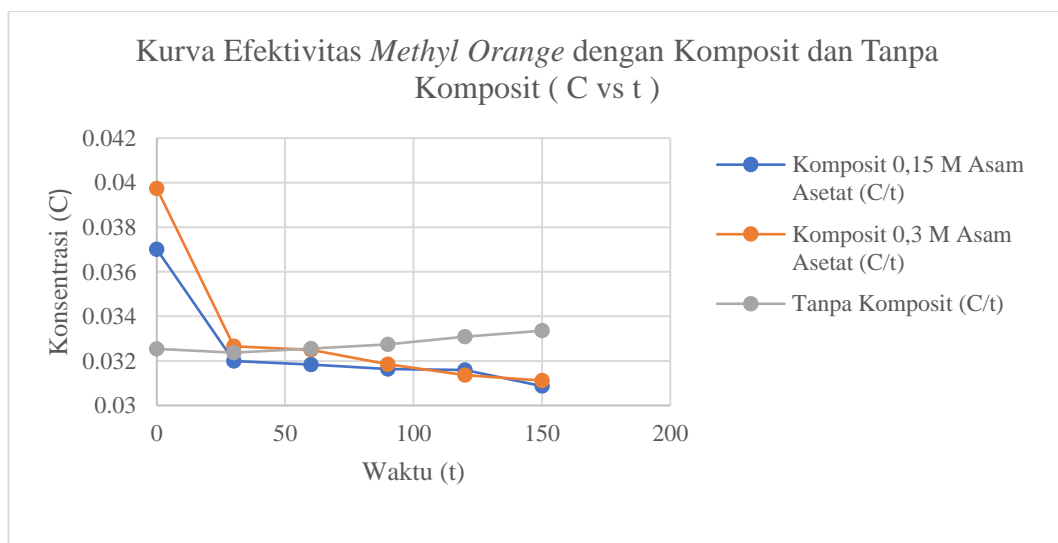
Metode fotodegradasi merupakan metode relatif murah dan mudah diterapkan dan dapat menguraikan zat warna menjadi komponen-komponen lebih sederhana yang lebih aman bagi lingkungan.

Reaksi yang terjadi pada pengaktifan ZnO-CuO dengan adanya sinar (Daneshvar., 2004 dalam Kasuma, 2012)



Gambar IV.6 Mekanisme Fotodegradasi

ZnO-CuO yang disuspensikan dalam air apabila diiradiasi dengan sinar UV akan membentuk *Reactive Oxygen Spesies* (ROS) atau molekul oksigen reaktif yang akan mendegradasi zat warna metil orange menjadi intermediet yang lebih sederhana yang kurang atau tidak beracun. Mineralisasi sempurna metil orange akan menghasilkan  $CO_2$  dan  $H_2O$ .  $OH^\bullet$  yang terbentuk merupakan oksidator utama yang sangat kuat, nonselektif, dan destruktif (Li., 2009 dalam Kasuma 2012). Efektivitas yang telah didapatkan dalam percobaan ini, disajikan pada gambar IV.6.



Gambar IV.7 Grafik Kurva Efektivitas Komposit 0,15 M dan 0,3 M Asam Asetat

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Sampel larutan *methyl orange* dengan komposit 0,15 M asam asetat memiliki efektivitas sebesar 16,58% ,
2. Sampel larutan *methyl orange* dengan komposit 0,3 M asam asetat memiliki efektivitas sebesar 21,69% , dan
3. Sampel larutan *methyl orange* tanpa komposit memiliki efektivitas sebesar -2,5% .

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1.Kesimpulan**

Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa efektivitas yang dihasilkan dari komposit dengan konsentrasi 0,3 M asam asetat sebesar 21,69% lebih optimal dibandingkan efektifitas yang dihasilkan dari komposit dengan konsentrasi 0,15 M asam asetat sebesar 16,58%.

#### **5.2.Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas yang lebih optimal dalam penggunaan komposit ZnO-CuO hasil sintesis elektrokimia sebagai katalis fotodegradasi *methyl orange*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullohi, Y., Abdullah, A.H., Zainal, Z., and Yuzof, N.A., 2011, "Photodegradation of m-cresol by Zinc Oxide Under Visible-light Irradiation", *International Journal of Chemistry*, **3**, 3
- Damayanti, Y., Wijaya, K., Iqmal, T., 2005, "Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange menggunakan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Montmorillonit dan Sinar Ultraviolet", *Universitas Gajah Mada*, Yogyakarta
- Daneshvar, N.D., dkk, 2004, "Photocatalytic Degradation of Azo Dye Acid Red 14 in Water on ZnO as an Alternative Catalyst to  $\text{TiO}_2$ ", *Journal of Photochemistry and Photobiology*, **162**, 317-322
- Das, S., dan Vimal, C.S., 2017, "Synthesis and Characterization of ZnO/CuO Nanocomposite by Electrochemical Method", ISSN: 1369-8001, hal 173-177
- Ellyawan., 2008, "Panduan untuk Komposit", Akprind, Yogyakarta
- Fatimah, I., Sugiharto, E., Wijaya, K., Tahir, I., Kamalia., 2006, "TiO<sub>2</sub> yang Terdispersi pada Zeolit Alam dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Congo Red", hal. 38-42, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Fatimah, S., 2018, "Identifikasi Kandungan Unsur Logam menggunakan XRF dan Oes sebagai Penentu Tingkat Kekerasan Baja Paduan", hal. 38-41, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta
- Gunawan, B., Azhari, C.D., 2010, "Karakteristik Spektrofotometri IR dan Scanning Electrone Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer Poly Ethelyn Glycol (PEG)", *Jurnal Sains dan Teknologi*, Universitas Muria, Kudus
- Fessenden, R.J., and Fessenden, J.S., 1997, "Dasar-Dasar Kimia Organik", hal 400-403, Binarupa Aksara, Jakarta
- Habibi, A., Akhiruddin, M., Irmansyah., 2014, "Struktur dan Sifat Optik Nanopartikel CuO yang disintesis dengan Metode Sonokimia", *Institut Pertanian Bogor*, Bogor
- Irawan, Y.S., 2012, "Pengenalan Komposit", *Material Teknik*, **14**, 1-13

- Jamaluddin, dkk., 2016, "Analisis Kandungan Logam Oksida menggunakan Metode XRF (X-Ray Fluorescence)", *Jurnal Geofisika FMIPA*, Universitas Hasanuddin, Makassar
- Johan, M.R., 2011, "Annealing Effect on the Properties of Copper Oxide Thin Films Prepared by Chemical Deposition Int", *Journal Electrochem*, **6**, 6094-6104.
- Kasuma, N.Y., 2012, "Penggunaan Komposit ZnO-CuO yang disintesis secara Sonochemistry yang digunakan sebagai Katalis untuk Fotodegradasi Metil Orange dan Zat Antibakteri", hal. 8-9, Universitas Andalas, Padang
- Kroschwitz, J., 1990, "Polymer Characterization and Analysis, John Wiley and Sons, Inc", Canada
- Li, B., dan Wang, Y., 2009, "Facile Synthesis and Photocatalytic Activity of ZnO-CuO nanocomposite", *Journal of Superlattices Microstructures*, **47**, 615-623
- Lu, Y.L., dkk., 2011, "A comparative Study on Plate-Like and Flower-Like ZnO Nanocrystals Surface Photovoltage Property and Photocatalytic Activity", *Journal of Material Chemistry and Physics*, **129**, 281-287
- Merck., 2018, "Asam Asetat (Glasial) 100%", [www.merckmilipore.com](http://www.merckmilipore.com)
- PANalytical, B.V., 2009, "X-ray Fluorescence Spectrometry", [www.panaytical.com](http://www.panaytical.com)
- Riyanto., 2012, "Elektrokimia dan Aplikasinya", hal. 6-76, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Rofi'uddin, J., Basir, M.A., 2018, "Pembuatan Nanokomposit ZnO-CuO dengan Metode Elektrokimia", *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Setiabudi, A., Hardian, R., Mudzakhir, A., 2012, "Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia", hal. 34-62, UPI Press, Bandung
- Shouqiang, dkk., 2010, "Fabrication of CuO/ZnO Composite Films with Cathodic co-Electrodeposition and Their Photocatalytic Performance". *Journal of Molecules and Catalysis*, **331**, 112-116
- Silverstein, R.M., Bassler, G.C., 1967, "Spectrometric Identification of Organic Compounds, Second Edition, John Wiley and Sons, Inc", New York

- Siu, T., and Yudin, A.K., 2002, "Practical Olefin Aziridination With a Broad Substrate Scope", *Journal of The American Chemical Society*, New York
- Takeno, N., 2005, "Atlas of Eh-pH Diagrams", hal. 86-287, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan
- Tjatur, R., 2003, "Solar Cell Energi Masa Depan yang Ramah Lingkungan", Energi.lipi.go.id
- Viana, S.M., 2017, "Synthesis and Characterization of Complex Compounds from ion  $\text{Cr}^{3+}$  with EDTA Ligan and The Application of Withdrawal Ion  $\text{Cr}^{3+}$  in Simulation Liquid Waste Using Electrosintesis Method", hal. 38, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Widiarti, N., Sae, J.K., Wahyuni, S., 2017, "Synthesis CuO-ZnO Nanocomposite and its Application as an Antibacterial Agent", *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, **172**, 3-10
- Widiarta, dkk., 2017, "Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus tiliaceust*) dengan Matrik Polyester", *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM)* Vol. 8, No. 2
- Wikipedia., 2017, "Copper (II) Oxide", en.wikipedia.org



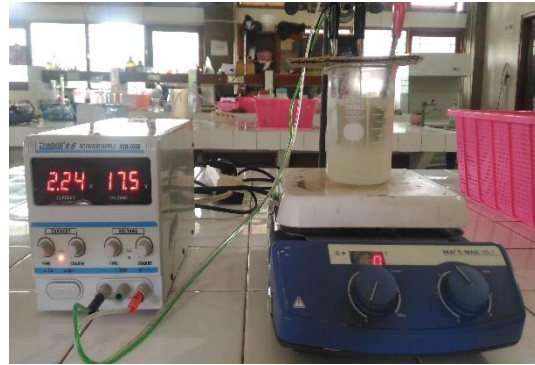
**LAMPIRAN**

## DOKUMENTASI CARA PERCOBAAN

### A. Gambar Proses Pembuatan Komposit ZnO-CuO



a. Gambar lempeng Cu dan 2 lempeng Zn sebelum sintesis



b. Gambar awal reaksi elektrolisis menggunakan asam asetat



c. Gambar akhir elektrosintesis menggunakan asam asetat



d. Gambar lempeng Cu dan Zn setelah elektrosintesis menggunakan asam asetat



e. Gambar proses penyaringan



f. Gambar proses endapan sebelum di oven



g. Gambar endapan setelah di oven



h. Gambar komposit setelah di furnace



i. Gambar komposit siap di ujikan di LAB MIPA

## B. Gambar Proses Penggunaan Komposit ZnO-CuO terhadap *methyl orange*



a. Gambar pembuatan larutan MO untuk kurva kalibrasi



b. Gambar komposit ZnO-CuO dicampurkan *methyl orange*



c. Gambar *Shaking* komposit ZnO-CuO dicampur dengan larutan *methyl orange* (kecepatan 60 rpm)



d.. Gambar pengukuran absorbansi dengan alat spektrofotometri Uv-Vis

**LAMPIRAN**

## ANALISA PERHITUNGAN

### A. Perhitungan Larutan Asam Asetat dan NaOH

➤ Larutan asam asetat 0,15 M 250 ml

- Menghitung Molaritas Asam Asetat

$$\begin{aligned}M &= \frac{(\text{massa jenis} \times 10 \times 100\%)}{BM} \\&= \frac{\left(1,05 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 10 \times 100\%\right)}{60,05 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} \\&= 17,5 M\end{aligned}$$

- Menghitung volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan asam asetat 0,15 M 250 ml

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$17,5 M \times V_1 = 0,15 M \times 250 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{37,5 M/\text{ml}}{17,5 M} = 2,14 \text{ ml}$$

➤ Larutan NaOH 1 M 100 ml

- $M = \frac{m}{Mr} \times \frac{1000}{V}$   
 $1 = \frac{m}{40 \text{ gr/mol}} \times \frac{1000}{100}$   
 $40 = m \times 10$   
 $m = 4 \text{ gram}$

➤ Larutan asam asetat 0,3 M 250 ml

- Menghitung Molaritas Asam Asetat

$$\begin{aligned}M &= \frac{(\text{massa jenis} \times 10 \times 100\%)}{BM} \\&= \frac{\left(1,05 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \times 10 \times 100\%\right)}{60,05 \frac{\text{gr}}{\text{mol}}} \\&= 17,5 M\end{aligned}$$

- Menghitung volume yang dibutuhkan untuk membuat larutan asam asetat 0,3 M 250 ml

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$17,5 M \times V_1 = 0,3 M \times 250 \text{ ml}$$

$$V1 = \frac{75 \text{ M/ml}}{17,5 \text{ M}} = 4,28 \text{ ml}$$

➤ Larutan NaOH 2 M 100 ml

$$\bullet \quad M = \frac{m}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$2 = \frac{m}{40 \text{ gr/mol}} \times \frac{1000}{100}$$

$$80 = m \times 10$$

$$m = 8 \text{ gram}$$

## B. Perhitungan Ukuran Komposit dari Analisa XRD

Persamaan Scherrer

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta}$$

Keterangan :

D = Ukuran kristal (nm)

$\lambda$  = Panjang gelombang (0,154 nm) (nm)

$\beta$  = FWHM ( Full Width at Half Maximum )

$\theta$  = sudut difraksi sinar x pada intensitas tertinggi

K= konstanta Scherrer (0,89)

Perhitungan ukuran sampel ZnO-CuO Asam asetat 2 jam

$$\beta = FWHM \times \frac{3,14}{180}$$

$$= 0,9905 \times \frac{3,14}{180}$$

$$= 0,017279$$

$$\theta = \frac{2 \theta}{2}$$

$$= \frac{35,22}{2}$$

$$= 17,61$$

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta}$$

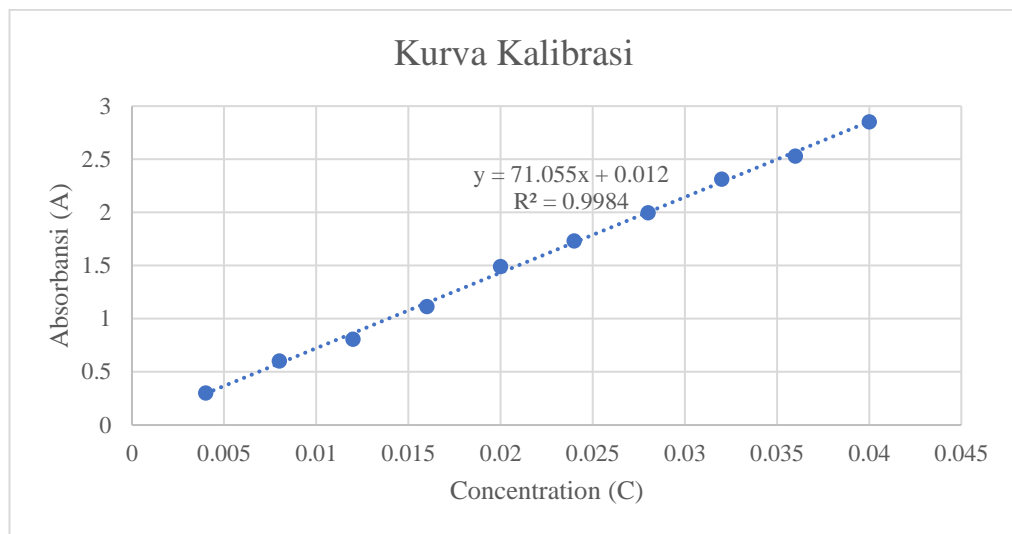
$$= \frac{0,89 \times 0,154 \text{ nm}}{0,017279 \cos 17,61}$$

$$= 24,39085 \text{ nm}$$

Tabel L.1 Hasil Perhitungan Ukuran Komposit

Sampel	$\beta$	$\Theta$	D (nm)
ZnO-CuO Asam Asetat 2 jam	0,017279	17,61	24,39085

### C. Cara Menghitung Kurva Kalibrasi *Methyl Orange*



### D. Cara Menghitung Konsentrasi dalam Sampel

a. Larutan *Methyl Orange* dengan Komposit 0,15 M Asam Asetat (C/t)

		Waktu	Absorbansi				Konsentrasi ( $71,055x+0,012$ )
Percobaan Rata-rata	0	Menit	2,6415	A	71,055	0,012	0,037006544
	30		2,2855		71,055	0,012	0,031996341
	60		2,274		71,055	0,012	0,031834494
	90		2,2595		71,055	0,012	0,031630427
	120		2,257		71,055	0,012	0,031595243
	150		2,2055		71,055	0,012	0,030870452

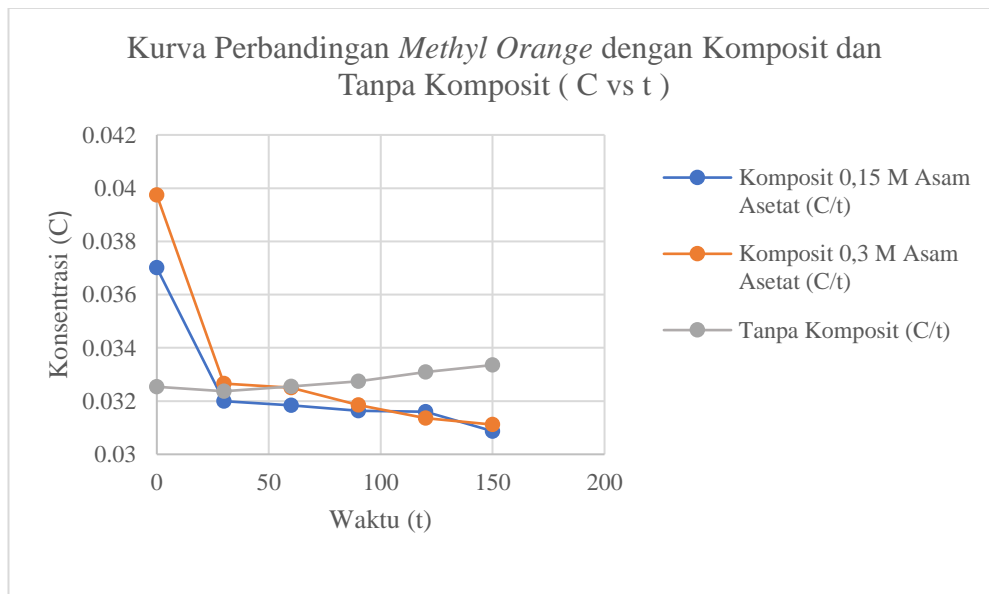
b. Larutan *Methyl Orange* Komposit 0,15 M Asam Asetat (C/t)

		Waktu	Absorbansi				Konsentrasi ( $71,055x+0,012$ )
Percobaan Rata-rata	0	Menit	2,836	A	71,055	0,012	0,039736824
	30		2,333		71,055	0,012	0,0326578
	60		2,322		71,055	0,012	0,032502991
	90		2,276		71,055	0,012	0,031855605
	120		2,241		71,055	0,012	0,031363029
	150		2,223		71,055	0,012	0,031116741



c. Larutan *Methyl Orange* Komposit 0,15 M Asam Asetat (C/t)

	Waktu		Absorbansi					Konsentrasi (71,055x+0,012)
Rata-rata MO	0	Menit	2,324	A	71,055	0,012		0,032538175
	30		2,312	A	71,055	0,012		0,032369291
	60		2,325	A	71,055	0,012		0,032552248
	90		2,339	A	71,055	0,012		0,032742242
	120		2,363	A	71,055	0,012		0,033087045
	150		2,382	A	71,055	0,012		0,033354444



**E. Cara Menghitung Efektivitas**

$$\text{Menghitung Efektivitas} = \frac{\text{Konsentrasi mula-mula} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi mula-mula}} \times 100\%$$

a. Efektivitas Komposit dengan 0,15 M Asam Asetat

$$= \frac{Co - Cx}{Co} \times 100\%$$

$$= \frac{0,037 - 0,03}{0,037} \times 100\%$$

$$= 16,58\%$$

b. Efektivitas Komposit dengan 0,3 M Asam Asetat

$$= \frac{Co - Cx}{Co} \times 100\%$$

$$= \frac{0,039 - 0,031}{0,039} \times 100\%$$

$$= 21,69\%$$

c. Efektivitas tanpa Komposit

$$= \frac{Co - Cx}{Co} \times 100\%$$

$$= \frac{0,032 - 0,033}{0,032} \times 100\%$$

$$= -2,5\%$$

## ANALISA EKONOMI

### I. Basis Perhitungan Ekonomi

- a. Waktu Produksi = 26 Hari/bulan
- b. Jam kerja Produksi = 8 jam/hari
- c. Kapasitas Produksi = 1 hari = 9 batch  
= 1 batch =  $\pm 5,118$  gr  
= 1 hari =  $\pm 46,062$  gr  
= 1 Bulan =  $\pm 1197,612$  kg

Kemasan 5 gr/botol menghasilkan 239 botol/bulan

### II. Biaya Pembelian Alat (*Investment*)

- a. Catu daya 3 (@1.500.000) = Rp. 4.500.000,00
- b. Magnetik Stirrer 3(@13.000.000) = Rp. 39.000.000,00
- c. Oven = Rp. 19.500.000,00
- d. Furnace = Rp. 20.000.000,00
- e. pH paper = Rp. 125.000,00
- f. Klem dan Statif 3(@150.000) = Rp. 450.000,00
- g. Cawan Keramik 5 (@30.000) = Rp. 150.000,00
- h. Erlenmeyer 5 (@40.000) = Rp. 200.000,00
- i. Gelas Beaker 5 (@65.000) = Rp. 325.000,00
- Total Biaya Pembelian Alat = Rp. 84.250.000,00**

### III. Biaya Bahan Baku

- a. Elektroda Cu = 234 buah x Rp. 15.000,00 = Rp. 3.510.000,00
- b. Elektroda Zn = 468 buah x Rp. 15.000,00 = Rp. 7.020.000,00
- c. Asam asetat = 999,648 ml x Rp. 152,00 = Rp. 151.946,50
- d. NaOH = 576 gr x Rp. 10,00 = Rp. 5.760,00
- e. Aquades = 81,9 L x Rp. 1.500,00 = Rp. 122.850,00
- f. Kertas Saring = 234 x Rp. 1.000,00 = Rp. 234.000,00
- g. Kemasan botol = 234 x Rp. 2.000,00 = Rp. 468.000,00

$$\begin{aligned}
 \text{h. Stiker produk} &= 234 \times \text{Rp. } 300,00 &= \text{Rp. } 70.200,00 \\
 \text{Total Biaya Bahan Baku} &&= \text{Rp. } 11.582.756,50/\text{bulan} \\
 &&= \text{Rp. } 138.993.077,95/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

#### IV. Biaya Tenaga Kerja

$$\begin{aligned}
 \text{a. Produksi 2 orang (@2.000.000/bln)} &= \text{Rp. } 4.000.000,00 \\
 \text{b. Pemasaran 1 orang (@1.800.000/bln)} &= \text{Rp. } 1.800.000,00 \\
 \text{Total Biaya Tenaga Kerja} &= \text{Rp. } 5.800.000,00 / \text{bulan} \\
 &= \text{Rp. } 69.600.000,00/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

#### V. Utilitas

$$\begin{aligned}
 \text{a. Listrik :} \\
 &1. \text{ Oven } 2000 \text{ watt} = 2000 \times 1 \times 24 \text{ jam} \times 8 \text{ hari} = 384.000 \text{ Wh} \\
 &2. \text{ Pengaduk } 3 \times 380 \text{ watt} = 380 \times 3 \times 6 \text{ jam} \times 26 \text{ hari} = 177.840 \text{ Wh} \\
 &3. \text{ Catu daya } 3 \times 500 \text{ watt} = 500 \times 3 \times 6 \text{ jam} \times 26 \text{ hari} = 234.000 \text{ Wh} \\
 &4. \text{ Furnace } 3000 \text{ watt} = 3000 \times 1 \times 5 \text{ jam} \times 4 \text{ hari} = 72.000 \text{ Wh} \\
 &\text{Total Daya yang Digunakan} = 867.849 \text{ Wh} \\
 &\text{Tarif Dasar Listrik} = 1.100/\text{kWh} \\
 &\text{Total Biaya Utilitas} = 867.849 \text{ Wh} \times 1.100/\text{kWh} \\
 &= \text{Rp. } 954.624,00/\text{bln} \\
 &= \text{Rp. } 11.455.488,00/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

#### VI. Biaya Produksi

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya Bahan Baku} &= \text{Rp. } 138.993.077,95/\text{tahun} \\
 \text{Total Biaya Tenaga Kerja} &= \text{Rp. } 69.600.000,000/\text{tahun} \\
 \text{Total Biaya Utilitas} &= \text{Rp. } 11.455.488,00/\text{tahun} \\
 \text{Total Biaya Produksi} &= \text{Rp. } 220.048.565,95/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

#### VII. Depresiasi Alat

$$\text{Depresiasi alat} = \frac{\text{Original Value} - \text{Salvage Value}}{\text{Service Live}}$$

- a. Oven  $= \frac{19.500.000,00 - 1.000.000}{1248 \text{ hari (4 tahun)}} = \text{Rp. } 14.823,72/\text{hari}$
- b. Pengaduk  $= \frac{39.000.000 - 600.000}{1248 \text{ hari (4 tahun)}} = \text{Rp. } 9.935,90/\text{hari}$
- c. Catu daya  $= \frac{1.500.000 - 400.000}{624 \text{ hari}} = \text{Rp. } 1.762,82/\text{hari}$
- d. Furnace  $= \frac{20.000.000 - 4.500.000}{624 \text{ hari}} = \text{Rp. } 24.839,72/\text{hari}$

#### **Total Depresiasi Alat**

$$\begin{aligned}
 &= (1 \times \text{Rp. } 14.823,72/\text{hari}) + (3 \times \text{Rp. } 9.935,90/\text{hari}) + (3 \times \text{Rp. } 1.762,82/\text{hari}) \\
 &\quad + (1 \times \text{Rp. } 24.839,72/\text{hari}) \\
 &= 74.759,62/\text{hari} \times 26 \text{ hari/bulan} \\
 &= \text{Rp. } 1.943.750,00/\text{bulan} = \text{Rp. } 23.425.000/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

#### **VIII. Total Keuntungan**

- a. Harga jual (Rp. 100.000,00/botol) = Rp. 100.000,00/botol  $\times$  2.686 botol/thn  
 $= \text{Rp. } 286.800.000,00/\text{tahun}$
- b. Keuntungan = Harga jual – Biaya produksi  
 $= \text{Rp. } 286.800.000,00/\text{tahun} - \text{Rp. } 220.048.565,95/\text{tahun}$   
 $= \text{Rp. } 66.751.434,05/\text{tahun}$

#### **IX. Analisa Kelayakan**

##### **a. % Return On Investment (ROI)**

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ROI} &= \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Investasi}} \times 100 \% \\
 &= \frac{\text{Rp. } 66.751.434,05}{\text{Rp. } 84.250.000} \times 100 \% \\
 &= 79,23 \%/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

##### **b. Pay Out Time (POT)**

$$\begin{aligned}
 \text{POT} &= \frac{\text{Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \\
 &= \frac{\text{Rp. } 84.250.000,00}{(\text{Rp. } 66.751.434,05) + (\text{Rp. } 23.425.000,00)} = 0,94 \text{ tahun (341 hari)}
 \end{aligned}$$